

王雪梅,尉永平,马明国,等.基于文献计量学的黑河流域研究进展分析[J].地球科学进展,2019,34(3):316-323.DOI:10.11867/j.issn.1001-8166.2019.03.0316.[Wang Xuemei, Wei Yongping, Ma Mingguo, et al. Research progress of the Heihe River Basin based on bibliometrics[J]. Advances in Earth Science, 2019, 34(3): 316-323. DOI: 10. 11867/j. issn. 1001-8166. 2019. 03. 0316.]

基于文献计量学的黑河流域研究进展分析*

王雪梅¹,尉永平²,马明国³,张志强^{4*}

(1.西南大学图书馆,重庆 400715;2.澳大利亚昆士兰大学地球与环境科学学院,布里斯班 4072;
3.西南大学地理科学学院,重庆 400715;4.中国科学院成都文献情报中心,四川 成都 610041)

摘要:水资源是生态环境与社会经济发展之间的焦点和枢纽,流域是水文水资源研究的基本单元,在流域尺度上开展综合集成的水文水资源研究是当前水科学研究的热点。我国西北地区的黑河流域是国内第二大内陆河流域,由于其独特的水文与地理特性成为流域科学研究的重点流域之一。基于Web of Science核心合集数据库,从学科发展与问题聚焦相结合、时间演化与空间变化相结合的全新视角评价我国黑河流域研究取得的科学进展,并与世界其他流域科学研究进行对比分析。结果显示,黑河流域研究在遥感、蒸散发、水循环、干旱区水资源管理与利用、气候变化等方面的研究为流域科学相关研究做出了积极贡献。近30年来,特别是国家自然科学基金重大研究计划“黑河流域生态—水文过程集成研究”的实施和黑河生态水文遥感等大型野外观测试验的开展大力推进了黑河流域科学研究,黑河流域研究论文的数量在世界流域科学研究中的排名已经进入前20位。基于文献计量的数据挖掘和对比研究可以为流域科学研究提供借鉴。

关键词:流域科学;研究主题;黑河计划;文献计量

中图分类号: P343.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8166(2019)03-0316-08

1 引言

流域是水文响应的基本单元,也是水文水资源研究的基本单元,因而成为生态水文过程研究最理想的空间尺度^[1]。将流域作为一个整体来考虑,从“水—土—气—生—人”的角度进行综合集成研究,催生出一门新的科学——流域科学^[2]。美国国家研究委员会长期关注流域科学研究,国际上许多著名的流域如多瑙河、泰晤士河、密西西比河、田纳西河、亚马孙河和墨累—达令河等很早就成为流域科学研究的主要对象^[3]。中国有众多流域也成为水科

学研究的重点地理区域,其中黑河流域作为我国西北地区第二大内陆河流域,受到广泛关注^[4]。水资源是干旱地区内陆流域可持续发展过程中生态环境和社会经济系统之间矛盾的焦点和枢纽,是限制区域经济社会发展主要障碍,也是造成其生态环境极度脆弱的主要原因。20世纪60年代以来黑河流域水土资源过度开发,生态环境破坏和退化严重。以黑河流域为研究区,开展气候变化和人类活动影响下内陆河流域生态—水文过程机理研究,近30年来取得了丰硕的学术研究成果^[5]。尤其是

收稿日期:2018-12-07;修回日期:2019-02-02.

* **基金项目:**国家自然科学基金重点项目子课题“流域水资源管理中长期决策方法研究”(编号:91625103);国家自然科学基金重点项目“流域文化变迁与生态演化相互作用对流域生态政策影响的机理研究——黑河与澳大利亚墨累—达令河流域对比研究”(编号:91125007)资助。

作者简介:王雪梅(1976-),女,重庆人,研究馆员,主要从事科学计量与情报分析. **E-mail:** w20141103@swu.edu.cn

* **通信作者:**张志强(1964-),男,甘肃定西人,研究员,主要从事科技规划、科技政策与管理、情报分析理论方法与应用、生态经济学与可持续发展研究. **E-mail:** zhangzq@clas.ac.cn

国家自然科学基金委员会2010年启动的重大研究计划“黑河流域生态—水文过程集成研究”(简称“黑河计划”),通过建立联结观测、实验、模拟、情景分析以及决策支持等环节的以水为中心的生态—水文过程集成研究平台,揭示植物个体、群落、生态系统、景观、流域等尺度的生态—水文过程相互作用规律,刻画气候变化和人类活动影响下内陆河流域生态—水文过程机理,建立耦合生态、水文和社会经济的流域集成模型,提升对内陆河流域水资源形成及其转化机制的认知水平和可持续性的调控能力^[6]。该计划取得的研究成果推动黑河流域研究上升到了与国际典型流域研究同等水平、同等重要性的地位^[7]。本文基于Web of Science核心合集数据库,对黑河流域研究取得的科研成果进行定量分析,并与世界其他研究热点流域做了对比分析,以客观评价我国黑河流域研究取得的科学进展。

2 数据来源与分析方法

为选取代表性的学术研究成果并与世界其他流域研究进行对比分析,选择Web of Science平台的科学引文索引扩展版(Science Citation Index Expanded, SCIE)和社会科学引文索引(Social Sciences Citation Index, SSCI)数据库采集文献数据。

黑河流域的文献数据是根据主题词heihe OR "hei he" OR "hei river" OR heife OR jinta OR yeniugou OR hulugou OR babaohe OR "babao river" OR zhamashike OR yingluoxia OR gaoai OR ganzhou OR suzhou OR zhengyixia OR sunan OR yingke OR huazhaizi OR a'rou OR sidaoqiao OR zhangye OR minle OR linze OR gaotai OR jiuquan OR jiayuguan OR shandan OR ruoshui OR ejin OR ejina OR juyan OR binggou OR dayekou OR pailugou OR tianlaochi OR sidalong OR dadongshu OR "taolai river" OR "maying river" OR "liyuan river" OR qilian OR daman OR biandukou OR badanjiling OR badain OR gurinai OR watershed allied telemetry experimental research OR HiWATER在标题、关键词和摘要字段进行检索,以及根据项目编号检索“黑河计划”项目资助发表的论文。把2个数据集合并去重,排除非西北地区黑河流域的论文。文献类型为Article, Proceedings Paper和Review。对黑河流域的分析主要基于这个数据集。

世界流域的文献数据是根据以下流域方面的主题词在标题、关键词和摘要字段进行检索:

drainage basin OR river basin OR drainage area OR hydrographic basin OR watershed OR catchment areas OR catchment OR river OR canal OR wetland, 文献类型为Article, 语种限定为English。黑河流域与世界其他流域的比较分析基于该数据集。

主要运用文献分析工具Derwent Data Analyzer和可视化软件CiteSpace进行分类统计、矩阵分析和聚类分析及其制图等。关键词分析来自论文中的作者关键词字段,学科领域分析根据Web of Science核心合集对每条收录文献标注的来源出版物所属的学科类别Web of Science Category字段,有的文章被标注了多个学科类别。Web of Science数据库从2008年才开始在二次文献数据库中逐渐添加项目资助字段,在此之前发表的论文检索不到受项目资助的情况。

3 研究结果分析

3.1 黑河流域研究论文基本概况

在Web of Science平台的SCIE和SSCI数据库根据主题词检索黑河流域相关文献,逐篇排除黑龙江省黑河、陕西省黑河等非分析区域文献后,得到黑河流域1991—2018年共1 368篇论文(数据检索时间为2018年12月初,因此2018年的论文数据不全)。黑河流域研究论文的数量呈指数增长,论文年度分布情况如图1所示。2000年之前的论文量只占论文总数的3.1%,2001—2009年的论文量占12.9%,2010年以来发表的论文量占84.1%。

根据黑河流域研究论文的全部作者地址统计,参与黑河流域研究的作者涉及39个国家,除中国外,还有美国、澳大利亚、日本、荷兰、加拿大、英国、德国和瑞士等。发表5篇以上论文的国家及其以第一作者或通讯作者身份发表论文的情况如表1所示。关于黑河流域的研究论文,96.6%都由中国作者参与完成,开展国际合作发表的论文占总数的32.4%。统计署名第一作者或通讯作者的国家,国内占93.6%,国外占6.4%,其中美国、日本、澳大利亚和德国等发表论文较多。

发文量最多的机构是中国科学院,其论文数占总数的63.6%,兰州大学和北京师范大学的论文数超过百篇,中国地质大学、北京大学、中国农业大学和清华大学等超过30篇,北京林业大学、西北农林科技大学、西北师范大学、河海大学和南京大学等有20多篇论文。

共有2 574位作者参与黑河流域论文写作,用

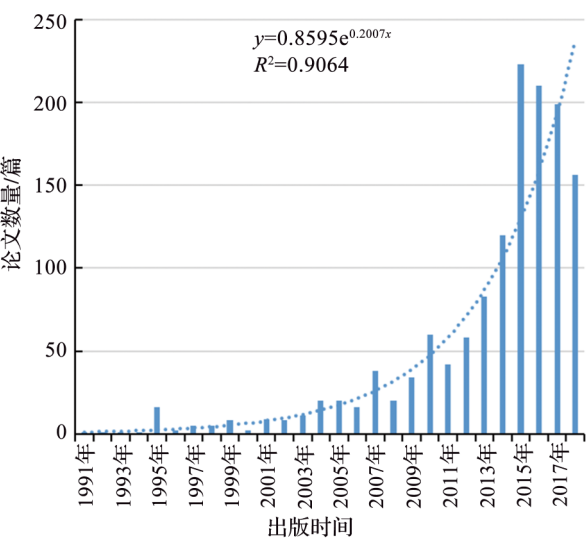


图1 黑河流域 SCIE/SSCI 论文数量的年度分布

Fig.1 Annual numbers of the SCIE/SSCI papers in the Heihe River Basin

表 1 黑河流域 SCIE/SSCI 论文的主要发文国家

Table 1 Main publication countries of the SCIE/SSCI paper in the Heihe River Basin

国家	全部作者地址		第一作者和通讯作者地址	
	论文量/篇	百分比/%	论文量/篇	百分比/%
中国	1 321	96.6	1 280	93.6
美国	171	12.5	45	3.3
澳大利亚	65	4.8	13	1.0
日本	57	4.2	37	2.7
荷兰	37	2.7	9	0.7
加拿大	30	2.2	8	0.6
英国	27	2.0	7	0.5
德国	25	1.8	12	0.9
瑞士	14	1.0	0	0.0
奥地利	12	0.9	3	0.2
法国	12	0.9	4	0.3
尼日利亚	6	0.4	0	0.0
俄罗斯	6	0.4	3	0.2
比利时	5	0.4	0	0.0
芬兰	5	0.4	1	0.1
瑞典	5	0.4	1	0.1

CiteSpace 软件对黑河流域的作者共现关系进行分析。结果显示, Li X 和 Zhao WZ 的论文数超过 90 篇, Feng Q 超过 60 篇, Cheng GD 超过 40 篇, He ZB、Liu SM 和 Ma MG 等的论文数在 30 篇以上。社会网络分析中, 在不同人群之间起到信息沟通重要作用的人中介性高, 其中 Li X 的中介性最高中心度为 0.53, 其次是 Cheng GD 中心度为 0.41, Zhao CY、Wang XF、Zhang ZH、Li J、Ma MG、He ZB、Wang Y、Liu QH 和

Zheng CM 等的中心度均超过 0.1, 表明这些作者在黑河流域研究中与其他作者建立的合作关系相对较多。

根据黑河流域论文标注的资助经费来源, 统计主要资助机构支持下发表的论文, 以及这些论文所占比例。黑河流域研究有 70.6% 的论文获得中国国家自然科学基金资助, 有约 28.5% 的论文得到中国科学院项目资助, 有 13.1% 得到国家重点基础研究发展计划资助, 以及中国教育部(占 5.7%)和国家高技术研究发展计划(占 5.3%)等资助(由于有的论文同时受到多个项目的资助, 因此百分比之和大于 1)。国家自然科学基金资助发表的论文量在黑河流域研究论文中的比例逐年上升, 2008 年占 42.9%, 2010 年占 73.3%, 2012 年占 82.5%, 到 2017 年占到 89.9%。

3.2 黑河流域研究的学科特征及其发展演变

近 30 年来, 黑河流域每年发表论文涉及的学科领域方向, 从最初的 1~2 个发展到 40 多个, 所有论文共涉及 82 个研究领域, 覆盖了水资源、地球科学、环境科学、遥感、大气、影像、地理、生态、农学、工程、电子、地球化学与地球物理学、林学、土壤、环保和可持续发展等科学技术等领域(图 2), 具有鲜明的多学科、交叉学科和跨学科特征, 充分反映了黑河流域的综合集成研究特点。

黑河流域研究的热点领域集中在水资源、地球科学多学科、环境科学、遥感、气象学与大气科学等领域。气象学与大气科学领域论文出现最早、持续时间最长, 地球科学多学科领域的论文与之相似; 水资源、环境科学和遥感等领域从 20 世纪末开始有论文, 近年来相关研究增长迅速, 其中遥感领域 2015 年的单年发文量最高, 2016 年和 2017 年水资源领域的研究论文量居首位, 2018 年环境科学领域的论文量最多。

黑河流域关于中游地区的研究开展最早、成果最多, 占了论文总量的半数以上(图 3)。1990 年中日合作开展的“黑河地区地—气相互作用观测实验研究”(Atmosphere-Land Surface Processes Experiment at Heihe River Basin, HEIFE)采集到的野外观测资料促进了黑河流域早期的论文产出^[8,9], 主要包括通过气象观测研究黑河中游地区的大气湍流、表面辐射、陆表参数、辐射能收支、气溶胶、水热交换、土壤表面蒸发和绿洲效应等。20 世纪 90 年代发表了较多关于气象观测方面的论文, 以及少量关于地质构造、土地利用历史制图、灌溉渠系、同位素地下水研究和沙漠地区降水等方面的论文。2000 年以来, 中游地

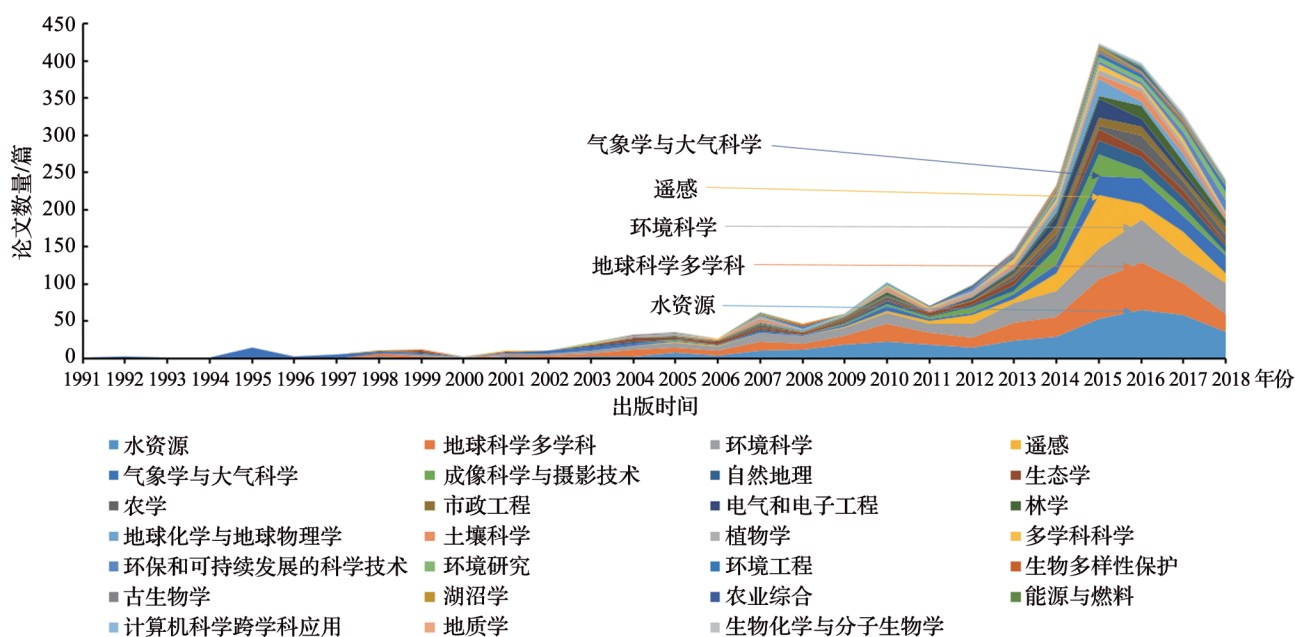


图2 主要学科领域论文篇数的年度分布图

Fig.2 Annual distribution map of published papers in main subjects

区生态水文模拟、水资源配置、景观生态、土壤施肥、灌溉模拟、粉尘分布、荒漠化土地、生态恢复、生态评价、物种丰富度、植物群落空间异质性、土壤微生物和农作物产量等方面的论文比较多。2010年以来,大气遥感与模拟、地质构造、恐龙化石、水化学与地下水污染、作物水分利用效率、绿洲水资源消耗、土壤质地与土壤肥力、地下水同位素研究、土壤水分、地表地下水模拟、土壤盐渍化、土壤细菌群落、地质构造与断层滑移、绿洲环境恶化、古气候同位素、植物化石、节肢动物分布与生态系统响应、作物生长、水资源配置、土壤热通量、水安全、水交易、土地租赁和区域可持续性评估等,特别是关于陆表遥感、陆面同化、生态观测、生态遥感、水文观测、水文模拟和水文遥感等方面的论文大量涌现,学术研究成果更加丰富多样和具有创新性。

黑河流域关于上游地区的研究论文约占总量的1/4。SCIE收录的黑河上游地区的研究成果最早发表于1995年,是关于蹄类动物观测研究的文章,1999年开始关于地质构造、古气候孢粉、地表水模拟、积雪反射率、融雪径流、云杉分布、土壤水分、土壤呼吸、同位素径流源、草地资源管理、冻土参数、冰川径流和高寒草甸等方面的论文相继出现,近年来关于森林水文、生态观测、生态遥感、水文遥感、水文模拟、土壤碳氮和陆面同化等方面的研究越来越多。

黑河下游地区的研究成果与中上游相比数量较少,约占总量的13%。早期的论文主要是关于地

质地貌、古气候孢粉、生态服务、生态需水、景观生态、土壤水势、地下水源、植物群落和湖泊水位等方面,近年来关于地下水模拟、水化学、胡杨桤柳、生态调水、土壤质地、盆地湖泊、生产力、碳循环、生态修复、水资源配置、历史地理和气候变化响应等方面的论文比较多。

随着黑河流域研究的深入开展,在SCIE和SSCI数据库中关于黑河全流域的研究成果于1999年开始出现,最早是关于全流域水资源开发的生态影响及水资源管理的文章,2000年之后开始通过生态遥感观测研究全流域的景观格局、环境退化、土壤碳氮、水环境变化、生态恢复和土地利用等问题。近年来,在2007—2009年开展的“黑河综合遥感联合试验”(Watershed Allied Telemetry Experimental Research, WATER)、2012—2014年“黑河流域生态—水文过程综合遥感观测联合试验”(Heihe Watershed Allied Telemetry Experimental Research, HiWATER)等大型野外试验,以及2010年启动的国家自然科学基金重大研究计划“黑河计划”的大力推进下,关于黑河流域水文模拟、生态模拟和陆表遥感等方面的研究论文成果丰富。

3.3 黑河流域研究对世界流域科学研究的贡献

黑河流域研究论文共被引用17 460次,篇均被引次数为12.8次/篇。根据期刊引用报告JCR 2017,发文期刊的平均影响因子为2.563,其中1区期刊论文占37.4%,2区期刊论文占33.8%,3区期刊论文占

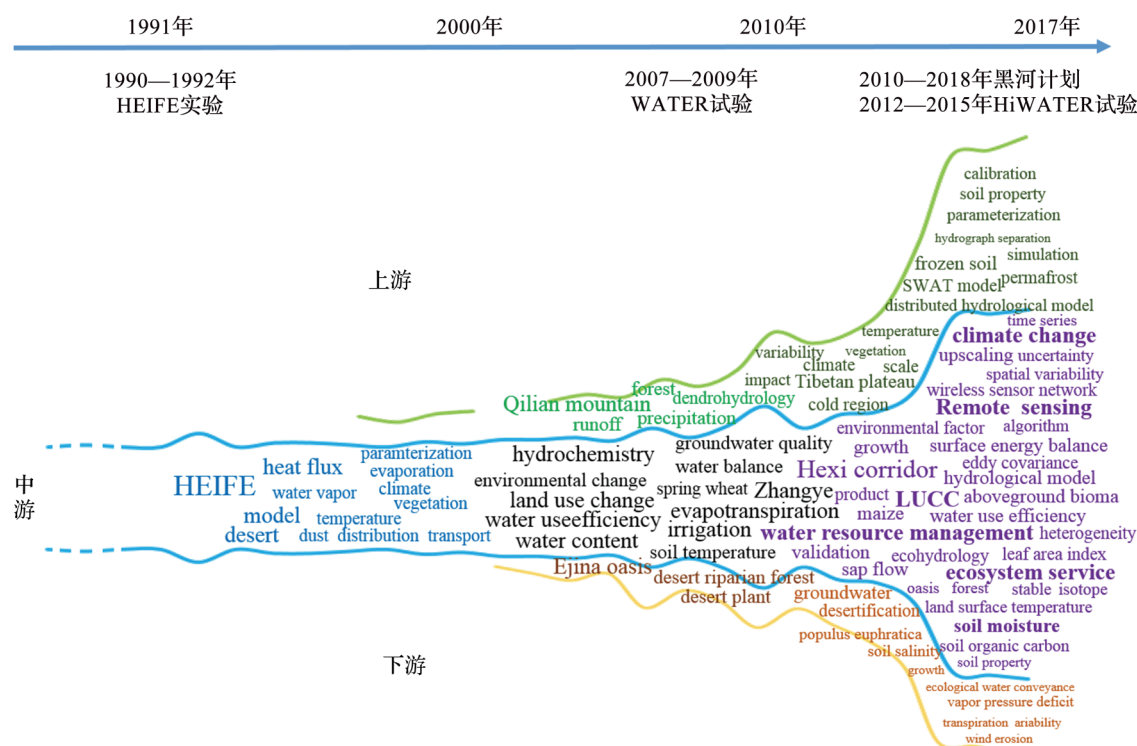


图3 黑河流域上中下游论文热点关键词分布图

Fig.3 Distribution map of the published papers' hot keywords in the upper, middle and lower reaches of the Heihe River

16.6%, 4区期刊论文占6.4%。这些数据表明,黑河流域研究论文大多数发表在读者面广的高影响力期刊上,并且在国内外产生了比较广泛的学术影响。

“黑河计划”项目资助的论文中有14篇为基本科学指标数据库(Essential Science Indicators, ESI)前1%高被引论文,其中有6篇是关于黑河实验、黑河流域蒸散发、水文生态和经济等研究的文章。代表性论文有中国科学院寒区旱区环境与工程研究所Li等^[10]2013年发表在*Bulletin of the American Meteorological Society*上的Heihe Watershed Allied Telemetry Experimental Research (HiWATER): Scientific Objectives and Experimental Design, Cheng等^[7]于2014年发表在*National Science Review*上的Integrated study of the water-ecosystem-economy in the Heihe River Basin,北京师范大学Xu等^[11]2013年发表在*Journal of Geophysical Research-Atmospheres*上的Intercomparison of surface energy flux measurement systems used during the HiWATER-MUSOEXE。

在ESI研究前沿中用watershed和river basin检索,有6个与流域相关的学科研究前沿,其中黑河流域研究的高影响论文数排在第2位,高影响论文的

被引次数及其篇均被引频次最高。在SCIE/SSCI数据库检索到的关于流域科学研究的论文中,黑河流域的论文总量排在第46位,从20世纪90年代末开始有关于黑河流域方面的研究论文,起初几年只有零星几篇;2004—2009年论文数量增加,排名在60位以下波动;2010—2013年上升到第40~50位区间;2014年以来黑河流域研究的论文数量增长明显,排名从世界第23位升到第12位(图4)。在不到20年的时间里,黑河流域的学术研究成果迅速增长,在国内众多流域研究论文中,黑河流域研究的论文量只排在长江、珠江、黄河和太湖流域之后。

世界流域科学研究主要涉及环境科学、地球科学多学科、水资源、海洋与淡水生物学、生态学、海洋学、气象学与大气科学、湖沼学、自然地理和环境工程学科。我国流域科学研究的主要学科分布与国外流域研究领域相近似,在气象学与大气科学方面的比例相对较高。黑河流域科学研究重点关注水资源,以及地球科学多学科、环境科学,此外在遥感、气象学与大气科学、成像科学与摄影技术、自然地理和生态学等领域的论文比例相对较高(图5)。

从高频关键词来看,国内外流域研究较多关注气候变化、水质、沉积物、富营养化和浮游植物等科学问题,对比发现,黑河流域研究论文主要涉及遥

感、蒸散发、气候变化、干旱区、土壤湿度、地下水、水化学、降水量、不确定性、土地利用变化、水资源利用与管理、水平衡、植被和环境因素等,反映出与黑河流域地处干旱区环境的特殊性相关的一些特色研究问题。

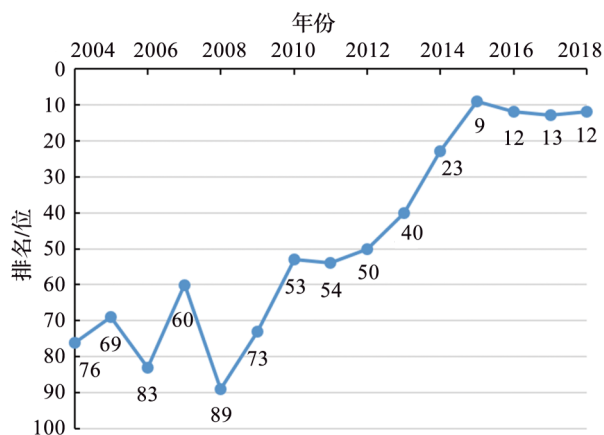


图4 黑河流域论文篇数在世界流域科学研究中的排名

Fig.4 Paper number ranking of the Heihe River Basin in the global watershed science researches

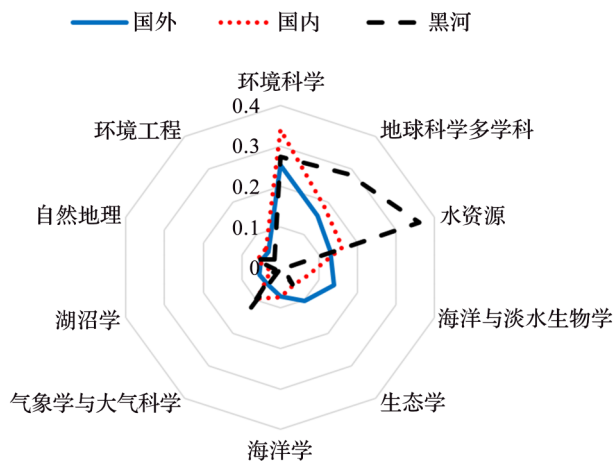


图5 国内外其他流域研究与黑河流域研究论文的学科比例

Fig.5 Subject ratios of the watershed research in the Heihe River and the other basins at home or abroad

4 结论与讨论

通过 SCIE 和 SSCI 数据库收录论文的定量分析,得到以下结论:我国对西北地区的黑河流域开展了广泛的国内外合作研究,中国科学院多家院属研究机构和北京师范大学、兰州大学、中国地质大学、北京大学、清华大学和中国农业大学等高校参加了相关研究。黑河流域研究涉及的学科领域和研究方向很广泛,具有多学科和交叉学科的特点,

同时也反映出干旱区内陆河的研究特色。黑河流域研究的论文量随年份呈指数增长,标志性成果包括:1990年开展的“HEIFE实验”主要促进了黑河流域蒸散发方面的研究成果产出;1999年中国科学院寒区旱区环境与工程研究所程国栋等围绕黑河流域开展干旱区水资源开发对生态环境造成的影响以及流域可持续发展研究;进入21世纪以来,黑河流域研究开始大量涉及水资源、生态环境和作物生长等领域,2008年“WATER试验”和2012年“HiWATER试验”开展的黑河流域大型遥感试验产生的一系列科研成果,在国内外高影响力期刊上以专辑专栏等形式发表;2010年国家自然科学基金委员会启动的“黑河计划”大力推进了黑河流域生态水文过程的机理研究和集成研究;集数据、模型和观测系统于一体的信息化平台“数字黑河”取得阶段性成果,建成的流域综合模型和空间决策支持系统服务于黑河流域的科学研究和集成管理。

关于黑河流域研究的论文在20世纪90年代只有数篇被Web of Science数据库收录,进入21世纪后特别是最近几年相关研究成果翻倍增长,2010年以来在世界流域科学研究论文量的排名中,快速从50位左右上升到12位。世界主要流域的研究都很关注水质和气候变化等问题,黑河流域是位于干旱区半干旱区的内陆河流域,更加关注水资源的合理分配和生态环境的可持续发展。黑河流域长期开展野外观测试验使其在遥感、蒸散发、土壤湿度、地下水、降水量、水平衡、土地利用和数字流域等方面取得了大量研究成果,相关实践与理论研究应用于流域科学管理,为世界的水文理解和流域研究做出了独特的贡献。国际水文科学协会(International Association of Hydrological Sciences, IAHS)2013—2022年科学计划的主题是“处于变化中的水文科学与社会系统”^[12],国际水文计划第八阶段(2014—2021年)强调变化环境下的水安全问题^[13],将自然科学和社会科学相融合研究变化环境下的水问题是当前国际地球系统水科学的发展前沿^[14],黑河流域可充分利用已有研究基础针对以上主题开展持续深入的流域科学探索研究。

基于代表性文献数据库收录的论文,对黑河流域研究取得的科研成果进行量化分析,并从流域空间分布的角度对上中下游研究主题的时间演化进行了梳理,开展的文本内容挖掘分析是文献计量用于学科评价的有益探索。分析时对文章内容的主题提取和内容标注耗用了比较多的时间,以后可进

一步研究运用计算机编程实现快速准确的文本内容信息挖掘。黑河研究对世界流域科学研究的贡献分析很有意义,但由于全球流域涉及的范围极其广泛,数据清理的工作量大,只对各流域名称进行了合并规范,未把大量子流域归并到上级流域,另外还存在不同国家地区流域名称重名现象,根据文本内容和作者所属国家进行了处理。此外,学科评价可从诸多角度进行,本文主要分析了发文数量和被引总次数,对论文他引情况等未做分析,将来可考虑利用多种数据源的综合评价指标来开展多维度的学科评价,以获得更为丰富的知识发现。

参考文献(References):

- [1] Wang Genxu, Liu Guimin, Chang Juan. Review on some issues of ecohydrology research at the watershed scale [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 892-903.[王根绪,刘桂民,常娟.流域尺度生态水文研究评述[J].生态学报,2005,25(4):892-903.]
- [2] Cheng Guodong. Study on the sustainable development in Heihe River watershed from the view of ecological economics [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, 24(4): 335-343.[程国栋.黑河流域可持续发展的生态经济学研究[J].冰川冻土,2002,24(4):335-343.]
- [3] Zhu Dexiang. Researches on the international rivers [J]. *Geographical Research*, 1993, 12(4): 85-95.[朱德祥.国际河流研究的意义与发展[J].地理研究,1993,12(4):85-95.]
- [4] Li Xin, Cheng Guodong, Wu Lizong. Digital Heihe River basin 1: An information infrastructure for the watershed science [J]. *Advances in Earth Science*, 2010, 25(3): 297-305.[李新,程国栋,吴立宗.数字黑河的思考与实践1:为流域科学服务的数字流域[J].地球科学进展,2010,25(3):297-305.]
- [5] Cheng Guodong, Xiao Honglang, Fu Bojie, *et al.* Advances in synthetic research on the eco-hydrological process of the Heihe River Basin [J]. *Advances in Earth Science*, 2014, 29(4): 431-437.[程国栋,肖洪浪,傅伯杰,等.黑河流域生态—水文过程集成研究进展[J].地球科学进展,2014,29(4):431-437.]
- [6] National Natural Science Foundation of China. Major Research Projects: The Integrated Research on the Eco-hydrological Process of the Heihe River Basin [EB/OL]. 2010. [2018-12-02]. <http://www.nsfc.gov.cn/nsfc/cen/xmzn/2011xmzn/03/07.html>. [国家自然科学基金委员会.重大研究计划项目黑河流域生态—水文过程集成研究[EB/OL].2010.[2018-12-02].<http://www.nsfc.gov.cn/nsfc/cen/xmzn/2011xmzn/03/07.html>.]
- [7] Cheng G, Li X, Zhao W, *et al.* Integrated study of the water-ecosystem-economy in the Heihe River Basin [J]. *National Science Review*, 2014, 1(3): 413-428.
- [8] The Core Working Group of the HEIFE. Atmosphere-land surface processes experiment at Heihe river basin (HEIFE) [J]. *Advances in Earth Science*, 1991, 6(4): 34-38. [“黑河试验”核心小组.黑河地区地气相互作用观测试验研究(HEIFE) [J].地球科学进展,1991,6(4):34-38.]
- [9] Wang J, Mitsuta Y. Turbulence structure and transfer characteristics in the surface-layer of the HEIFE Gobi area [J]. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 1991, 69(5): 587-593.
- [10] Li X, Cheng G, Liu S, *et al.* Heihe Watershed Allied Telemetry Experimental Research (HiWATER): Scientific objectives and experimental design [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2013, 94(8): 1 145-1 160.
- [11] Xu Z, Liu S, Li X, *et al.* Intercomparison of surface energy flux measurement systems used during the HiWATER-MUSO-EXE [J]. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 2013, 118(23): 13, 157.
- [12] Montanari A, Young G, Savenije H H G, *et al.* "Panta Rhei-Everything flows": Change in hydrology and society—The IAHS scientific decade 2013-2022 [J]. *Hydrological Science Journal*, 2013, 58(6): 1 256-1 275.
- [13] Jimenez-Cisneros B. Responding to the challenges of water security: The eighth phase of the International Hydrological Programme, 2014-2021 [J]. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 2015, 366: 10-19.
- [14] Xia Jun, Zhang Xiang, Wei Fangliang, *et al.* Water system theory and its practices in China [J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2018, 16(1): 1-7, 13. [夏军,张翔,韦芳良,等.流域水系统理论及其在我国的实践[J].南水北调与水利科技,2018,16(1):1-7,13.]

Research Progress of the Heihe River Basin Based on Bibliometrics*

Wang Xuemei¹, Wei Yongping², Ma Mingguo³, Zhang Zhiqiang^{4*}

(1.Southwest University Library, Chongqing 400715, China; 2.School of Earth and Environmental Science, University of Queensland, Brisbane 4072, Australia; 3.School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China; 4.Chengdu Center for Literature and Information of the Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract: Water resource is the focus and hinge between ecological environment and socio-economic development. Watershed is the basic unit of hydrology and water resource studies. It is the current hotspot in water science research to carry out the integrated research of the hydrology and water resource at the watershed scale. The Heihe River Basin is the second largest inland river basin in northwestern China, which becomes one of the hot watersheds for its unique hydrological and geographical characteristics. Based on the Web of Science Core Collection, the scientific advances achieved in the Heihe River Basin were estimated from the new sight by combining disciplinary development and problem focus, time evolution and spatial variations. The results indicated that the Heihe River Basin has made positive contribution to the world science in remote sensing, evapotranspiration, water cycle, water resources management and utilization, and climate change research in arid areas. The great achievements has promoted the Heihe River Basin up to the same levels as the international typical basins in the past 30 years, especially after the performances of the major research program entitled "Integrated Study of Eco-hydrological Processes in the Heihe River Basin" (referred to as "Heihe River Program") supported by a grant from the National Natural Science Foundation of China and large field observation experiments. The number of published articles has ranked the top 20 in the global watershed science research. Some important scientific achievements have been obtained at the mechanisms of eco-hydrological processes in inland river basins, which can actively serve the decision making of the water resource management and sustainable development in the Heihe River Basin. The data mining and contrastive study based on bibliometrics can afford scientific reference for the watershed science research.

Key words: Watershed science; Research topics; Heihe River Program; Bibliometrics.

* **Foundation item:** Project supported by the National Natural Science Foundation of China "Study on the method of long term decision making in watershed water resource management" (No.91625103) and "Research on the mechanism impact of the cultural changes and ecological evolution and their effects on the ecology-hydrology-policy in river basin—Comparative research on Heihe River and Murray-Darling River" (No.91125007).

First author: Wang Xuemei (1976-), female, Chongqing City, Professor. Research areas include scientometrics and intelligence analysis.
E-mail: w20141103@swu.edu.cn

* **Corresponding author:** Zhang Zhiqiang (1964-), male, Dingxi City, Gansu Province, Professor. Research areas include science strategy and planning, science policy and management, science information analysis, ecologic economics and sustainable development.

E-mail: zhangzq@clas.ac.cn